

2021. 09

유망시장 Issue Report

산업용 웨어러블

INNOPOLIS
연구개발특구진흥재단 

목 차

I. 개요	01
II. 정책동향	04
III. 기술동향	13
IV. 시장동향	23
V. 산업동향	25

I. 개요

1. 아이템 개요

- 웨어러블 로봇은 인간의 신체로부터 생체신호를 측정하여 구동부를 제어하는 장치를 의미함
 - 이는 착용자의 신체 능력을 향상 혹은 지속시켜주기 위한 장치이며, 최근 생체인식 기술이나 초소형 구동기술 및 경량소재 등의 발달로 웨어러블 로봇은 점차 현실화되고 있음
 - 웨어러블 로봇의 구동 메커니즘은 전신형, 상지부, 하지부로 구분할 수 있으며, 최근에는 부분형으로 허리, 무릎, 발목, 어깨 등의 단일 관절에 대해 지원하는 형태도 존재함
 - 일반적인 착용형 근력증강 웨어러블 로봇은 일반적인 사람이 무거운 짐을 들다가 부상을 입는 것을 방지하거나, 군인이 오랫동안 보행하는 일을 보조해주는 등의 용도로 개발됨

- 스스로 동작하는 인간 형태의 로봇과 별개로, 최근 현실화되고 있는 인체 착용형 웨어러블 로봇은 인간의 근력을 향상시키는 기능과 부상이나 장애의 위험을 방지할 수 있는 안정성 측면의 기능으로 인해 폭넓은 분야에서 사용 가능성이 높아지고 있음
 - 인간의 인지 및 판단능력은 그대로 사용하면서, 근력 등의 운동능력을 향상시키는 웨어러블 로봇 기술은 가까운 시일 내에 구현 가능한 기술이면서 현실에 적용했을 때 사용범위가 매우 다양할 것으로 기대됨
 - 특히, 산업현장에서 작업자가 직접 착용하는 형태로 인해 현장 적용 접근성이 높고 기업의 매출과 노동 효율 향상에 크게 기여할 것으로 기대됨

- 산업용 근력증강 웨어러블 로봇에서 사용되는 구동기 관련한 개발은 세계적으로 상당히 많이 이루어져 있으나, 최근에는 보다 유연한 자세 및 중량지지 보조를 위한 강성제어 기술 개발이 요구됨

- 착용자 의도에 따라 동작되는 로봇 개발을 위해 인체 동작의 해석이 필요함
 - 다양한 작업환경에서 사용자 의도파악을 위해 신체부착 센서가 사용되고 있으나 이러한 센서들의 측정오차나 분석의 어려움으로 인해 기술 개선이 요구됨
 - 사용자 맞춤형 운동역학 데이터를 추출하기 위하여 3차원 모션캡처 기술의 적용 가능성이 고려됨
 - 착용자와 로봇의 상호작용이 반영되어 최적의 보조력을 내는 것이 기술개발의 궁극적 목표이며, 이를 위한 인체와 로봇의 상호작용이 반영된 동역학적 시뮬레이션 기술 개발이 우선 요구됨

- 현재는 로봇 개발자와 임상 의사 등의 전문가들이 수개월에 걸쳐서 보조력을 조정하는 과정이 필요
 - 수많은 사용자들을 위한 웨어러블 로봇 제조/생산을 위해서는 인체의 근골격계 데이터가 객관화/표준화되어 이러한 보조력 맞춤 과정이 단축되어야 함



[그림] 근력 증강을 위한 산업용 웨어러블 로봇

※ 출처 : 물류on뉴스

2. Value Chain

- 착용형 근력증강 웨어러블 로봇 관련된 후방산업은 웨어러블 로봇에 사용되는 주요 핵심기술인 구동기(모터, 유압, 공압) 제조, 생체신호 측정 관련 센서, 로봇 구동 알고리즘 및 보조력 제어 등의 기반기술 관련 산업
 - 현재 전량 수입에 의존하고 있는 고효율 모터나 하모닉드라이브 감속기, 유/공압 부품을 국내 개발하는 시도와 더불어, 이러한 기존 제품을 웨어러블 로봇에 적용하기 위한 기구부 하우징이나 센서 패키징 등을 통해 부위별 모듈화 하는 사업방향 제안
 - 복잡한 연산을 고속으로 수행하는 임베디드 제어기와 실시간 OS 기반의 소프트웨어 기술은 기계나 전기적인 기반기술과 함께 필수 요구되는 요소임
 - 많은 사용자와 동작 분석 데이터들로부터 로봇과 착용자의 데이터를 축적하여 알고리즘 개선이나 안전성 향상 등의 분석에 적용하고자 하는 빅데이터 및 인공지능 관련 기반기술이 요구됨

[표] 웨어러블 로봇 기술 분야 산업구조

후방산업	웨어러블 로봇 분야	전방산업
모터 및 감속기 제조, 유/공압 부품 제조, 생체신호 측정 관련 센서, 로봇 구동 알고리즘 및 보조력 제어, 임베디드 소프트웨어, 데이터베이스 구축	구동기, 기구 및 착용부 설계, 운동학 정보 측정 및 시뮬레이션, 동작의도 파악, 임베디드 제어, 족저압 측정, 로봇 데이터 관리, 착용자 맞춤형 AI, 착용자 데이터 관리	국방, 안전, 근로, 헬스케어, 엔터테인먼트

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2019-2021(지능형로봇), 2019, 중소벤처기업부

II. 정책동향

1. 국내 정책동향

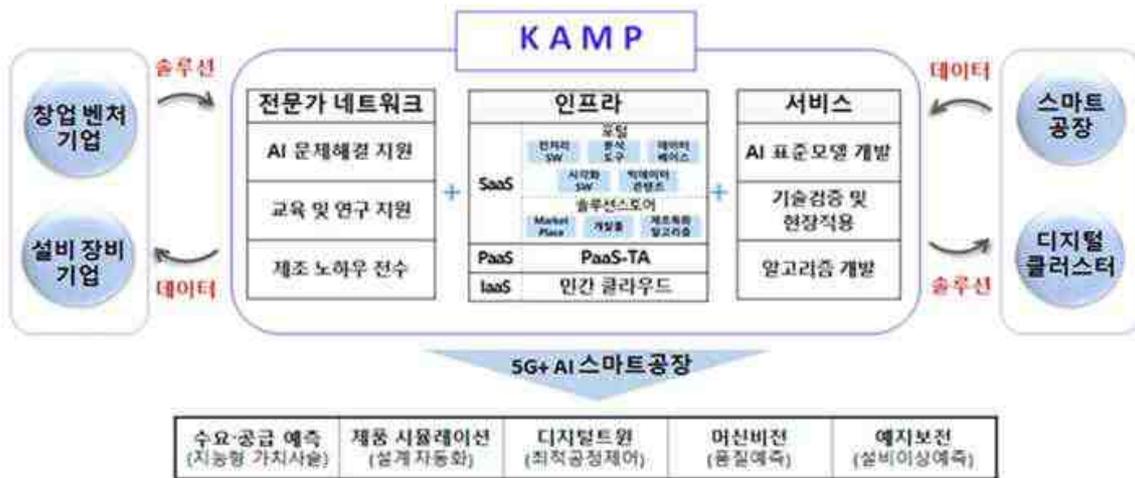
- 2019년 8월 산업통상자원부는 2023년까지 로봇산업 글로벌 4대 강국으로 발돋움한다는 비전아래 ‘제3차 지능형 로봇 기본계획’ 발표
 - 이 기본계획에 따라 산업부와 한국로봇산업진흥원은 2023년까지 로봇산업 시장 규모를 2018년 5조 7천억 원에서 2023년 15조 원으로 확대하고 1천억 원 이상 로봇 전문 기업 수를 20개까지 늘릴 계획
 - 로봇 시장 규모를 확대하고 전문 로봇기업 수를 늘리기 위해 정부는 제조업과 서비스 분야에서 전략적인 분야를 선정해 육성한다는 방침을 정하였음
 - 이를 위해 뿌리·섬유·식음료 산업 등 3대 제조업 중심으로 제조 로봇 보급을 확대하고, 돌봄·웨어러블·의료·물류 등 4대 서비스 로봇 분야를 집중적으로 육성하기로 함

- 로봇 시장 규모를 확대하고 전문 로봇기업수를 늘리기위해 정부는 제조업과 서비스 분야에서 전략적인 분야를 선정해 육성한다는 방침
 - 이를 위해 뿌리·섬유·식음료 산업 등 3대 제조업 중심으로 제조 로봇 보급을 확대하고, 돌봄·웨어러블·의료·물류 등 4대 서비스 로봇 분야를 집중적으로 육성하기로 함
 - 4대 서비스 로봇 분야 육성 정책은 제3차 지능형 로봇 기본계획 중에서도 특히 산업부와 한국로봇산업진흥원이 의욕적으로 추진하고 있는 부분임

- 산업부와 한국로봇산업진흥원은 로봇활용 사회적 약자 편익지원사업을 2년간 시범 추진(2018-2019년) 한후, 2020년부터 본 사업을 추진 중
 - 노령화에 의한 뇌질환 등 고령사회의 유병율이 높아지면서 재활, 치료 목적의 웨어러블 로봇 수요가 급증
 - 2020년 로봇활용 사회적약자 편익지원사업 총 10개 과제를 선정해 과제를 수행하고 있으며, 돌봄로봇 누적 5천대 보급(~2023년)을 통해 기업의 트랙레코드 확보를 지원한다는 계획

- 이를 위해 반려로봇, 배변·이송지원로봇, 치매케어로봇 등 실증 사업을 추진
- 재활로봇은 의료기기의 경우 보험수가에 대해 정부 예산이 지원되지만 재활로봇 제품별 치료수가가 책정되지 않아 물리치료사 재활치료 수가로 적용
- 정부는 2020년 총 6억원 규모의 국비투입을 통해 총 6개 컨소시엄 선정, 수요처 중심의 재활로봇 실증사업을 추진함
 - 향후 다중·다수의 재활로봇을 수요처에 보급해 임상데이터 발굴·활용, 재활로봇특화센터 지정·운영(1~2개소 내외) 등을 추진한다는 계획
- 2020년, ‘한국판 뉴딜 종합계획’을 발표하고 10대 대표과제 중 하나로 ‘스마트 그린 산단’을 지정
 - 산업단지를 디지털 기반 고생산성, 에너지 고효율 등 스마트·친환경 제조공간으로 전환 추진
 - 스마트 생태공장 100개소, 클린팩토리 1,750개소 구축 계획
- 2020년, ‘2020년 스마트제조혁신 지원사업 지원계획’을 통합 공고
 - 중소벤처기업부는 스마트제조혁신 지원 사업에 총 4,926억 원을 투입하고 스마트공장 구축 및 고도화, 제조데이터 인프라 구축, 로봇활용 제조혁신지원, 스마트 마이스터 등 11개 내역사업을 추진
- 2020년, 스마트공장을 구축한 중소 제조업체들이 앞으로 손쉽게 제조데이터에 접근 가능
 - KAMP는 스마트공장을 구축한 중소 제조업체를 위한 제조 분야 특화 AI 플랫폼

- NHN, KT, KAIST, 아이브랩, 티쓰리큐, 스코인포, 엠아이큐브솔루션 등 국내 최고 수준의 클라우드·AI·소프트웨어(SW) 분야 전문 기업과 기관이 참여해 시스템을 구축
- KAMP는 스마트공장에서 생성되고 있는 제조데이터를 활용하여 그 이익을 데이터 생산 제조기업에 환원하는 ‘마이제조데이터’의 기반으로 중소기업의 생산성 향상 및 ‘마이제조데이터’ 체계 마련
- 엑스레이, 건조구동장치, 살균기, 교반구동장치, 용해탱크, 프레스기, 머신비전, 용접기, 사출성형기, 컴퓨터수체지어(CNC)기, 포드 엔진 진동, 제조 현장용 광학문자판독(OCR) 학습 등 AI 데이터셋 12종을 제공



[그림] KAMP 개요도

※ 출처 : 인공지능(AI)·데이터 기반 중소기업 제조혁신 고도화 전략, 2020, 중소벤처기업부

2. 해외 정책동향

가. 미국

- 제조업, 의료, 서비스 산업 중심의 로봇을 다양한 분야로 확장한다는 계획을 수립하고 미국 로보틱스 로드맵(A Roadmap for U.S. Robotics) 발표
 - 2009년 1차 미국 로보틱스 로드맵을 발표한 후, 2016년 이를 보완한 2차 로드맵을 발표
 - 2차 로드맵에서는 로봇 도입 분야를 제조업, 의료, 서비스 산업에서 공공안전, 지구과학, 인력개발 등으로 확장해야 한다는 점을 강조
- 미국 정부는 국방부와 과학재단(NSF) 주도로 개발해온 로봇기술이 제조혁신과정과 연계될 수 있도록 하고, DARPA 등의 기관을 활용하여 민간에서 자율적으로 수행하기 어려운 유형의 연구개발에 집중
- 대기업 중심의 개방형 스마트화로 글로벌 제조 및 IT 기업을 중심으로 산업인터넷 컨소시엄(IIC)을 구축해 산업용 사물인터넷(IIoT) 확산을 위해 노력 중
 - 미국 국내 기업 외의 외국 기업 및 제조업 외의 다양한 산업 분야도 아우르는 표준을 제정
 - IIC는 사물인터넷(IoT), 스마트 생산 등 생산망 최적화나 기술혁신 뿐 아니라 스마트 서비스 발굴 등 신규 비즈니스 모델에 초점을 둔 시장 주도적 접근방식이 특징
- 미국국립과학재단(NSF)도 1차 미국 로보틱스 로드맵을 바탕으로 2011년 국가 로보틱스 이니셔티브(National Robotics Initiative, NRI) 1.0을 공개하고 2016년 2.0으로 발전시켜 발표
 - ‘인간과 협력하는 로봇의 확대’ 라는 비전 아래 세부적 목표와 연구주제들을 선정

- 첨단 제조업을 국가 경쟁력의 근간으로 인식하고 인력양성·R&D 투자 확대 등의 정책을 추진하며, 민간 제조업체들 간의 원활한 소통 체계를 토대로 제조업 혁신 선두 중
- 한편으로 정부와 대기업, 다른 한편으로 중소기업 및 개인이 각자의 장점을 살리며 혁신에 참여하여 시너지를 내도록 하는 Two Track으로 혁신을 진행 중

[표] 국가로봇이니셔티브 2.0 주요 내용

구분	주요 내용
비전	<ul style="list-style-type: none"> · 인간과 협력하는 로봇의 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 로봇을 오늘날 컴퓨터처럼 일상적으로 활용 - 로봇의 민주화 : “모든 사람을 위한 로봇” - 다양한 영역에서 다양한 종류의 작업 수행(헬스, 지원, 서비스, 제조, 농업, 환경, 토지, 해양, 대기, 우주, 교육 등) - 삶의 질과 노동의 질 개선
목표	<ul style="list-style-type: none"> · 다수의 로봇 인간 간의 협력 실현 · 물리적 협력(Physical Collaboration) · 확장성(Scalability) · 맞춤화(Customizability)와 개인화(Personalizability) · 사회적, 경제적, 법적, 교육 및 노동력 분야 이슈 · 기반 기술 및 통합 시스템 필요
연구주제	<ul style="list-style-type: none"> · 협력(Collaboration) <ul style="list-style-type: none"> - 로봇-인간, 로봇-로봇간 효율적인 업무 협력 - 분산된 업무에 대한 지각, 기획, 학습 - 업무 관련 고지(inform) 및 지시(Instruction) · 상호작용(Interaction) <ul style="list-style-type: none"> - 초보자와의 유연한 상호작용 및 전문가와의 효율적 협력 - 업무 수행 상대방 행동에 대한 예측 - 정신 모델(mental models)을 포함한 사회적 정보분석(Social intelligence) - 상호 신뢰 · 물리적 실현(Physical Embodiment) <ul style="list-style-type: none"> - 로봇과의 안전한 협력을 위한 디자인 및 소재 설계 - 물리적 협력(Physical collaboration) · 확장성(Scalability) <ul style="list-style-type: none"> - 맞춤화, 개인화의 용이성 - 대용량 로봇 데이터의 관리 · 진입장벽 완화(Lowering Barrier to Entry) <ul style="list-style-type: none"> - 효율적이고 안정적이면서 이용이 편리한 인프라 - 로봇 테스트베드 공유를 위한 다양한 방안

※ 출처 : 산업용 로봇 도입에 따른 글로벌 제조업 가치사슬 변화 및 시사점, 2018, 한국산업기술진흥원

나. 유럽

- 독일은 로봇산업에서 높은 품질 경쟁력을 보유하고 있고 이를 더 발전시키기 위해 혁신적 기술과 제품 개발에 집중하고 있으며, 이와 동시에 사람이 소외되지 않는 제조업을 목표로 한 ‘노동 4.0(arbeit 4.0)’ 프로젝트 추진
 - 중소기업 활성화를 위한 인간-로봇 공동작업체계(SME Robotics Work System) 개발, 스마트팩토리로 대표되는 새로운 생산 패러다임 구현 등 “Industry 4.0” 정책을 추진
 - 스마트팩토리 성공사례인 아디다스의 스피드 팩토리는 노동집약적이던 생산 공정을 디지털 작업을 통해 소수의 인원만으로 다품종 소량 생산이 가능하도록 변화시켰으며, 동시에 스마트 공장 운영에 필요한 지식 집약적 직군의 일자리를 증가

- EU는 2014년 제조·농업·헬스·교통·사회안전 등 전방위적 산업과 로봇기술과의 융합을 통한 세계 로봇시장 선점·강화를 목적으로 세계최대규모 로봇프로그램(SPARC)을 운영하고, 2014년부터 2020년까지 총 21억 유로 투자 발표
 - SPARC는 로봇 산업에 대한 전략 연구 아젠다 및 로드맵을 발표하며 유럽 로봇 연구 및 기술 혁신에 대한 포괄적인 정보를 제공
 - 원천·핵심 기술 확보 및 기술 장벽 구축을 위한 지적재산권 강화에 노력
 - 특히 로봇은 독일의 제조업 디지털 전환 ‘인더스트리 4.0’ 프로젝트에서 중요한 위치를 차지
 - 2020년까지 약 620억 유로 수준의 로봇 시장 규모를 달성할 것으로 전망하고 있으며, 전세계 로봇 시장 점유율을 42%까지 증가시키는 것이 목표
 - 프랑스·이탈리아·영국도 로봇 관련 중소기업 자금 공급 등 제조업 디지털 전환과 로봇 도입 확대 지원 정책 시행

- 2018년 EU집행위원회는 인공지능 분야 육성을 위한 계획을 발표했으며, 이 중 지능형 로봇과 원격 제어 로봇 개발 프로젝트가 포함
 - 북미와 아시아에 뒤쳐진 인공지능 경쟁력 회복을 위해 투자 확대와 제도 정비를 추진하며, 민관 공동으로 2018년~2020년 사이 200억 유로를 투자하여 기술경쟁력 확보 시도
 - 데이터 & e헬스, 공공행정 & 서비스, 운송, 농업, 제조의 5개 분야에서 개인의 삶 향상과 경제·사회적 가치 창출에 기여하는 AI 프로젝트를 선정하여 지원
 - 화초, 관목을 관리하는 지능형 원예 로봇 Trimbot2020에 5.4백만 유로, 씨앗을 심는 원격 제어 로봇 MARS에 19.7백만 유로 지원 예정

- 국가주도로 미래 제조업 청사진을 제시, 기업이 자율적으로 혁신을 추구할 수 있도록 기본 인프라 스마트화에 중점
 - 인더스트리 4.0은 '12년 독일 정부의 핵심 미래 프로젝트로 도입되어 '13년부터 산업협회의 주요 연구 주제로 시작되었으나 실제 적용이 부진하여 '15년 정부주도의 플랫폼 인더스트리 4.0으로 재탄생
 - '16년에는 표준화 로드맵을 개정하여 인간-기계 상호작용, 통신, IT 보안에 중점을 두고 추진

- 독일 연방경제에너지부는 '15년 '미텔슈탄트(중소기업) 4.0' 정책을 수립하고, '중소기업 4.0 디지털화 지원 프로젝트' 를 진행
 - 독일 전국에 총 23개의 '중소기업 4.0 역량센터' 를 두고 중소기업이 4차 산업혁명 관련 기술을 개발·시연해보고, 경험할 수 있도록 관련 정보와 지식, 테스트 시설, 교육·컨설팅 등을 제공

- 플랫폼 인더스트리 4.0을 기반으로 회원사 간의 정보 교류 및 공동 연구를 촉진
 - 500개의 테스트베드를 구축해 기업들의 적응을 돕고, 실제 성공사례를 공유해 확산 도모

다. 일본

- 2014년 6월 각료회의를 통해 신성장 전략에서 로봇을 중점분야의 하나로 선정한 이후, 로봇혁명실현회의를 설치해 2015년 1월 “로봇 신전략”을 발표
 - “로봇 신전략”은 로봇 산업 성장과 다양한 산업에서의 로봇 채택 지원을 골자로 하여 3개 행동계획과 5대 로봇 활용 핵심 분야 제시
 - **(3개 행동계획)** 1. 로봇 개발 역량을 향상시켜 일본을 전 세계 로봇 혁신 허브로 육성, 2. 일본 전역에 로봇을 보급해 일본이 전 세계에서 로봇 사용률이 가장 높은 사회가 되는 환경을 조성, 3. 데이터 및 통신 네트워크의 보안을 강화하면서 일본 로봇 기술을 전 세계 표준으로 구축
 - **(5대 로봇 활용 핵심 분야)** 제조, 서비스, 간호·의료, 인프라·재해대응 및 건설, 농림수산업·식품산업 로봇 혁명 실현회의 후속조치로 ‘로봇혁명Initiative협의회’를 조직하고 로봇에 의한 새로운 산업혁명 추진하였는데, 이는 자동차, 기계, 화학, 철강 등 200여개의 전방위적 산업 단체가 참여하여 로봇 도입 영역 및 활용 지원을 위해 논의
 - 2015년 6월 내각부는 ‘과학기술 이노베이션 종합전략 2015’ 발표하여, 로봇, IoT(사물인터넷) 등 강화하기로 하였으며, 이를 차세대 인프라 구축, 2020년 도쿄올림픽 등에 활용하기로 발표
 - 2015년 9월 경제산업성과 로봇업체는 공동으로 산업용 로봇 핵심부품 표준화 착수하였으며, 2016년에는 정부에서 인공지능, IoT(사물인터넷) 등 로봇에 활용되는 핵심기술 개발을 위해 부처 간의 협의회를 구성하고, 간호로봇 개발 지원을 위한 거점 10곳 설치 등에 예산을 집중적으로 투입할 예정임을 발표

- 일본 내각부는 ‘16년 1월, 독일의 인더스트리 4.0에 대응할 새로운 개념으로 소사이어티 5.0(Society 5.0)을 제시
 - 제품의 개발-제조-판매-소비를 연결하여 제조업 생태계의 스마트화를 이루는 스마트 공급망 제시했으며 사물인터넷, 인공지능, 로봇, 자율주행차 등 4차 산업혁명 기술을 활용하여 사회적 과제를 해결하는 데 초점

- '17년 아베 총리는 'Connected Industries' 라는 개념을 제시하고, 경제산업성이 커넥티드 인더스트리즈 정책의 5대 중점 분야를 선정
 - 5대 중점 분야는 자율주행·모빌리티, 제조업·로봇, 바이오·소재, 플랜트·인프라 보안, 스마트 라이프로 제조업에 한정되기보다는 전반적인 정책과제와 제도 정비에 중점
 - '18년 9월 일본 경제 산업성은 제조업 혁신과 관련해 기업 간 데이터 유통의 협조를 위한 IIoT 플랫폼 연계, 국제표준화, 사이버보안, 인재 육성, 연구개발, 중소기업 지원(스마트공장 시범사업, 테스트베드) 등의 정책과제를 주력

- 일본은 적용가능성을 높인 개별 기업 수준의 제조업의 스마트화로 IoT를 통한 제조업 고도화를 목표로 일본 기계학회와 주요 제조사가 참여한 IVI가 '인간 중심의 IoT' 와 '관대한 표준' 을 내세우며 출범
 - 사람과 설비의 조화를 지향하며, 문제 상황에 대처하는 현장의 소집단을 활용

- 2018년 6월 일본 정부는 '미래투자전략 2018' 을 발표
 - 미래투자전략은 민간투자를 촉진하는 성장전략으로 '소사이어티 5.0과 데이터 구동형 사회로의 변화' 라는 부제와 함께 발표하고 5대 전략분야와 11개 플래그십 프로젝트, 경제구조 혁신기반과제 추진
 - 5대 전략분야 : 생활·산업, 경제활동 기반, 행정·인프라, 지역·커뮤니티·중소기업, 인재
 - 11개 플래그십 프로젝트 : 이동성, 헬스케어, 산업, 에너지, 핀테크·블록체인, 디지털정부, 인프라, 농림수산업, 지역, 중소기업, 관광·스포츠·문화예술
 - 경제구조 혁신기반 : 데이터 기반, 규제·제도 개혁, 해외성장시장 확보
 - 이동·물류혁명의 일환으로 트럭 후속 차량의 무인 대열주행 실현으로 인력부족에 직면한 물류현장 효율화

III. 기술동향

1. 기술범위 및 특징

- 웨어러블 로봇은 구동기, 기구부, 생체신호 측정 등의 기반기술로 구성되며 그 외에도 보행상태 감지를 위해 족저압 측정 기술이 필요함
 - 로봇과 인체의 상호작용으로 동작하는 제품 특성상 로봇 데이터와 착용자 데이터 관리 기술이 별도로 요구됨

[표] 웨어러블 로봇의 기술 분류

제품분류 관점		세부기술
기반 기술	구동기 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 모터 및 감속기 기술 ▪ 유압/공압 등의 큰 힘을 내기 위한 구동 기술 ▪ 높은 착용성을 위한 차세대 소프트 구동기
	기구 및 착용부 설계 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인체공학적 기구부 설계 기술 ▪ 기구학 해석 기술 ▪ 안전하고 효율적인 착용이 가능한 체결 구조 설계 기술
	운동학 정보 측정 및 시뮬레이션 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 위치, 자세, 속도, 가속도 등의 측정 기술 ▪ 힘 정보 측정 기술(구동력, 접촉력 등) ▪ 인체-로봇 통합 동작 시뮬레이션 기술
	동작의도 파악 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 뇌파(EEG), 근전도(EMG) 등의 생체신호 기반 동작의도 파악 ▪ 조이스틱, 스마트폰 등을 통한 수동입력 방식
	임베디드 제어 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 실시간 제어 알고리즘과 이를 위한 RTOS 구현 기술 ▪ 장치 드라이버 및 전원관리 등의 추가 요소기술
족저압 측정		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지면반력 측정 위한 압력 측정 기술
로봇 데이터 관리		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 관절각도 및 각속도, 관절토크, 족저압, 배터리 잔량 등
착용자 맞춤형 AI		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 작업 특성 및 로봇 데이터 기반 인공지능 기술 ▪ 인공지능 기술을 활용한 착용자 안전 확보 기술
착용자 데이터 관리	생체 데이터	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 맥박, 호흡량, 산소포화도, 근전도 등
	신체 데이터	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 착용자 나이, 성별, 신장, 몸무게 등 (그외 심리적 데이터 포함 가능)

※ 출처 : 중소기업 전략기술로드맵 2019-2021(지능형로봇), 2019, 중소벤처기업부

2. 국내/외 기술 Trend

- 근력증강 시스템은 시스템을 이루는 재료와 구조 및 동작 방식에 따라 단단한 외골격형(Rigid exoskeleton) 근력증강 시스템과 부드러운 슈트형(Soft exosuit) 근력증강 시스템으로 구분
 - 최초의 외골격형 근력증강 시스템은 1960년대 GE 연구소가 미 해군의 지원을 받아 개발한 Hardiman으로, 680kg의 무게를 들 수 있게 설계되었음
 - 최근에는 활동성이 강조된 소프트 슈트 형태의 시스템에 대한 연구가 진행되고 있으며, Soft ExoSuit가 대표적
- 단단한 외골격형(Rigid exoskeleton) 근력증강 시스템은 다시 구동기형과 비구동기형으로 구분됨
 - 구동기형 근력증강 시스템은 구동기의 구동 토크를 이용해 사람이 들기 어려운 무거운 물체를 들 수 있도록 동작
 - 착용형 근력증강 웨어러블 로봇의 특성상 구동기가 부착된 로봇의 경우 중량이 높고 운용시간에 제약이 따르는 단점을 보완하기 위해 비구동기형은 기구구조와 강성 부품을 활용하여 저중량을 실현하고 착용자의 근력을 보조하도록 동작

[표] 외골격형과 슈트형 근력증강 시스템 비교

특징	외골격형 근력증강 시스템	슈트형 근력증강 시스템
소재	알루미늄, 플라스틱 등	직물, 인공근육, 와이어, 공압튜브 등
무게 및 부피	무겁고 큼	가볍고 작음
최대 출력	근력의 1~10배	근력의 0~0.1배
관절구조 배치	단순함	복잡함
탈부착 용이성	어려움	간편함
주요 용도/응용	근력증강	근력보조

※ 출처 : 착용형 근력증강 기술 동향, 2017, 한국전자통신연구원

- 착용형 근력증강 웨어러블 로봇 연구개발이 상용화 단계에 이르면서 제품 단가, 경량화, 효율 등의 이슈로 전신, 상지, 하지형에서 핵심적으로 필요한 부분에만 로봇을 착용하는 부분형 개발로 활발하게 이루어지는 추세
 - 착용형 근력증강 웨어러블 로봇의 적용 분야 중 중량물 취급하는 경우가 아닌 경우 구동기를 적용하지 않고 기구적인 잠금 기능 혹은 자중 보상 기술을 적용하여 경량화와 장시간 착용성이 우수하도록 개발이 이루어지고 일부 제조공장에서는 현재 상용제품을 적용 중

- 착용형 근력증강 웨어러블 로봇의 동작은 착용자의 동작의도 파악에 맞게 근력을 증강시켜 주는 형태로 동작하므로 동작의도 파악 기술은 착용형 근력증강 웨어러블 로봇의 동작 성능을 좌우하는 핵심 개발 이슈
 - 다양한 방식의 동작의도 파악 기술이 개발되었으나 착용형 근력증강 웨어러블 로봇의 제품 상용화를 위해서는 번거롭지 않은 빠른 탈착과 반복된 동작에도 정확한 착용자의 동작의도 파악이 가능한 진보된 동작의도 파악 기술 개발이 요구됨

- 사람이 신체에 직접 착용하여 동작하는만큼 착용형 근력증강 웨어러블 로봇의 안전성 확보는 매우 중요
 - 착용형 근력증강 웨어러블 로봇 개발과 제품화는 최근 몇 년 동안 고도의 성장률을 보이며 세계적으로 다양한 제품이 출시
 - 국내 또한 연구개발된 웨어러블 로봇의 상용 제품 출시가 멀지 않은 만큼 근력증강 웨어러블 로봇의 동작 시 착용자의 위해성, 근력증강 효율, 착용성 평가 등의 인증 기술 개발 필요

- 산업 작업용 로봇은 공장 제조용으로 만들어지며 주로 물체를 운반하는 용도로 개발되고 있음
 - 작업의 유형에 따라 작업 환경 조건, 작업 시간, 자세, 적용 신체 부위, 지원해야 하는 근력의 강도가 다양하므로 산업에서 폭넓게 활용되기 위해서는 여러 가지 유형의 작업에 대한 분석을 바탕으로 로봇이 개발되어야 함
 - 작업 환경의 기온, 습도, 기압, 위생 조건이 특수한 경우에 작업자의 생리 적합성과 안전성이 고려되어야 하며 로봇을 작업장까지 운반하여 착탈의 할 때 무겁거나 입기 복잡하거나 시간이 오래 걸린다면 착용 자체가 꺼려질 가능성도 있음
 - 완성형 의복의 형태가 아닌 로봇의 경우에 로봇을 벗어서 보관할 때 좁고 복잡한 작업장에서 노출된 여러 개의 밴드나 케이블, 구동기 등의 구성물이 정리되지 않고 놓이게 된다면 보관의 문제가 발생 가능함

- 산업용 로봇의 착용성을 향상시키기 위하여 유연 소재 로봇의 개발 필요
 - 산업 작업용 로봇의 개발 사례 중 Ekso BIONICS의 FORTIS와 현대차의 H-WEX는 완성형 제품의 외관을 가지고 있으나 상용화 이전 단계의 로봇들은 군용 로봇과 마찬가지로 인체의 형태 및 치수 적합성이 고려되지 못하고 성능 지원에만 초점을 맞추어 개발



[그림] Ekso BIONICS의 FORTIS와 현대차의 H-WEX

※ 출처 : 각 사 홍보자료

- (형태 및 치수 적합성) 웨어러블 로봇 개발 시 ‘형태 및 치수 적합성’ 을 확보하기 위해 인체의 유기적 복곡면 형태를 반영해야 함
 - 강체 소재가 적용된 로봇의 경우에 딱딱한 소재로 인해 착용 부위에 피부 눌림이나 내부 충격이 클 수 있기 때문에 섬유로 만들어진 일반 의류 제품보다 인체의 유기적 복곡면 형태가 잘 반영되어야 함
 - 군용과 재난 구조용 로봇, 산업 작업용 로봇 착용자의 신체 특징은 주로 취하는 작업적 특징에 의해 달라질 수 있음
 - 타겟 착용자의 체형분석을 통해 로봇과 인체 간 여유분을 적절하게 설정함으로써 형태 및 치수 적합성을 확보해야 함
 - 상용화하거나 일상지원용으로 범용적 로봇으로 제작하기 위해서 사용자의 다양한 인체 체형 및 사이즈에 대하여 대처할 수 있는 로봇 사이징 시스템이 마련되어야 함
 - 소재의 유효신장률에 따라 여유분의 설정이 달라지므로 유연 소재 로봇의 경우 소재의 물성을 고려하여 여유분의 설정이 필요

- (동작 적합성) 인체에 착용되는 제품은 착용부위의 동작성을 반영함으로써 착용성을 높이고 주 성능의 효과를 극대화
 - 웨어러블 로봇 개발 시 ‘동작 적합성’ 을 확보하기 위해서 우선적으로 중요한 것은 타겟 동작에 적합한 구동기 및 센서의 선정
 - 타겟 동작에 요구되는 최대 근력과 최대 속도를 제공할 수 있는 구동기가 사용되어야 하고 동작의 유형과 정밀성에 적합한 센서가 사용되어야 함
 - 군용과 재난 구조용 로봇에 지원되는 최대 근력 강도와 최대 속도는 높은 수준으로 설정되어야 함
 - 타겟 착용자의 신체 관절의 위치를 파악하여 중심축의 움직임을 파악하고 관절 범위를 측정하여 착용자의 동작에 따라 나타나는 형태 변화 및 인체 표면 길이 변화를 적용해야 함
 - 인체의 동작은 관절과 접하고 있는 뼈의 움직임에 의해 나타나며 그로 인해 인체 표면 길이 변화 및 형태 변화가 나타나게 됨

- 사용 용도에 따라 작업적 특성, 질환이나 연령의 영향으로 신체 관절 위치와 범위, 형태 변화 및 인체 표면 길이 변화는 다르므로 착용자의 체형 특성이 유형화된 후에 동작성에 대한 측정과 설정 작업을 진행해야 함
 - 동작을 관장하는 관절의 위치는 로봇의 인체 접촉 부위와는 다르며, 센서의 위치를 일치시켜도 동작 변화에 따라 그 위치가 변동될 수 있으므로 센서의 위치는 동작에 의해 변동이 심하지 않고 고정이 안정적인 부위로 설정되어야 함
- (구성 적합성) 힘이 분산되도록 기기 고정 방식 및 구성물 배치 방법이 이루어져야 하며, 구성 소재의 마찰 작용에 의해 힘이 상쇄되지 않도록 설계되어야 함
- 기기 또는 구성물을 인체에 고정할 때 국소 부위에 힘의 작용이 집중되게 배치되면 부상의 위험을 야기하므로 기기 고정 시 힘이 분산되는 형태가 추천됨
 - 구성물의 중량 및 크기에 의해 신체 부담이 야기되지 않고 소재 신축성에 의한 압박의 적정 수준이 고려되어 설계되어야 함
 - 구동 원리, 구성물 간 상호작용에 의한 소음 발생에 의해 착용 시 심리적 부담으로 작용할 수 있으므로 고려가 필요
 - 웨어러블 로봇을 착용할 때 함께 입게 되는 내의에 따라 성능에 영향을 줄 수 있으므로 성능을 지원할 수 있는 내의의 소재와 사이즈에 대한 제시가 필요
- (생리 적합성) 소재에 의한 흡습, 환기구에 의한 통기, 소재 물성이나 동력원, 레이어드 의복이나 착용 환경에 의한 온도의 영향도 고려하여 ‘생리 적합성’ 을 확보해야 함
- 현재 대부분의 웨어러블 로봇이 강체 소재 로봇이므로 땀 배출과 내부 온도의 변화에 대응되지 못한 형태로 개발되고 있음
 - 부분적으로 생리 적합성에 유리한 원단을 배치하거나 환기구에 대한 고려가 필요하고 소재의 물성이나 동력원에 의한 온도의 영향이 착용자에게 유의하지 않은 수준으로 고안되어야 함

- 특히 산업 작업용 로봇은 착용 상황의 특수성에 의해 방수성이나 내열성과 같은 추가적인 온열적 영향을 고려해야 함
- (성능 만족) 실제 사용 상황에서 착용자가 완성된 제품으로서 인식하며 그 성능을 만족할 수 있도록 설계되어야 함
- (조작 용이성) 사용자가 로봇 조작에 적응하기 위한 사용방법 및 절차가 용이해야 함
- (안전성) 로봇의 재료 자체의 물리적 또는 화학적인 측면에서의 인체 안전성이 확보되어야 함
 - 인체가 착용하기 때문에 전기의 영향, 재료의 유해성이 국제적 기준에 부합해야 함
 - 최근 단순 보행 및 이송 능력을 넘어 착용자의 안전성 측면에서 환경 변화에 대한 대응력을 높이는 로봇의 고안이 이루어지는 추세에 있으며, 사용자의 의도와 로봇의 움직임의 합이 맞아야 사고의 위험을 줄일 수 있으므로 능동 제어뿐만 아니라 착용자가 직접 제어하는 방식도 제안
 - 산업 작업용 로봇의 경우에 위험한 환경 조건에서 작동되는 상황에서 안전성이 보장되지 않는다면 인명 피해로 이어질 수 있으므로 긴급상황용 기능이 자동으로 가동되고 비상 연락 기능과 외부 버튼으로 제어할 수 있는 기능이 구비되어 다중적인 안정성이 확보되어야 함
- (내구성) ‘내구성’ 조건에서는 기기 자체가 견고하여 반복 사용에도 고장이 나거나 파손되지 않아 기기 수명이 확보되어야 함
 - 웨어러블 로봇이 고가의 제품인 만큼 기기 수명은 비용적 부담과 연결될 수 있으며 내구성은 로봇의 효율 가치를 높이는 조건
- (착탈의 용이성) 웨어러블 로봇이 작업의 상황에서 착용될 때 착탈의 어려움은 착용에 대한 접근 자체를 막을 수 있으므로 착탈의가 신속하고 간편한 형태로 여밈 방법이 설계되는 것이 중요

- 한국기계연구원은 부드럽게 휘어지면서 늘어나는 특성으로 소프트 로봇부터 웨어러블기기까지 다양한 형태의 기기에 적용할 수 있는 유연 신축 배터리를 개발
 - 뱀의 비늘은 하나하나 단단하면서도 서로 접히면서 외부 충격을 방어할 수 있고 유연하게 움직이면서 높은 신축성을 구현하는 구조적 특성을 가지며, 연구팀은 비늘 구조에 착안하여 안전성과 유연성을 갖는 신축성 배터리 구조를 개발
 - 본체와 배터리가 단단하게 결합한 기존 웨어러블 기기와 달리 여러 개의 배터리를 비늘과 같은 구조로 연결, 유연하게 움직일 수 있음
 - 특히 안전성 구현을 위해 배터리 내부 전지소재의 변형을 최소화하는 구조를 적용하고 작은 크기의 배터리에 높은 충전용량을 구현하기 위해 개별 배터리의 형상도 최적화하였음



[그림] 신축성 뱀 비늘형 배터리

※ 출처 : IT Biz News

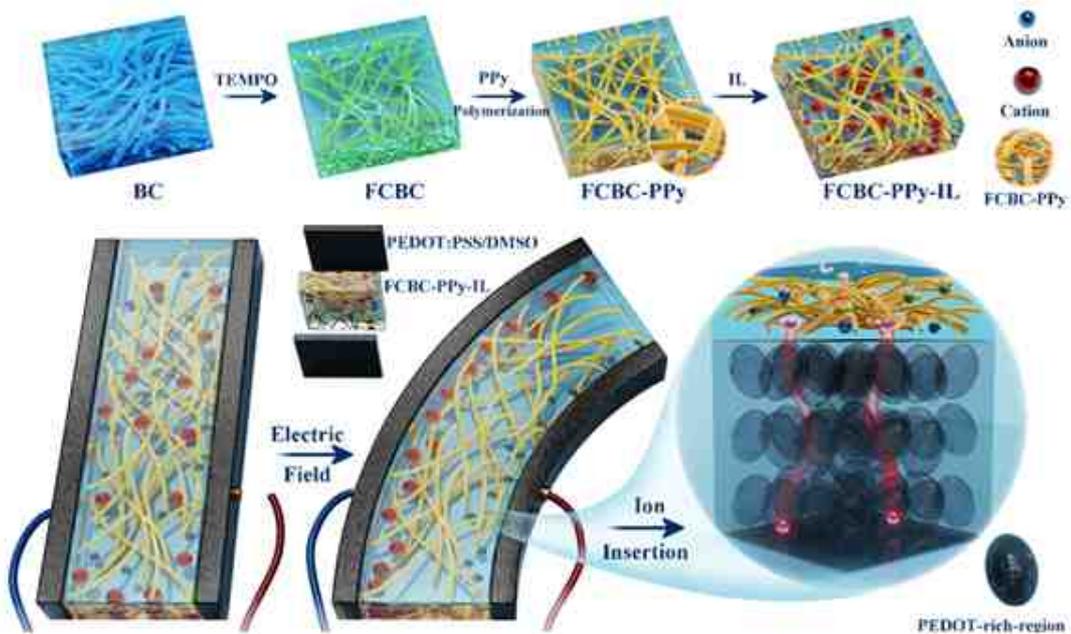
- 울산과학기술원(UNIST)은 2020년 서울대, 건국대, 전자부품연구원과 근로자 근력을 보조하는 ‘의복형 로봇 기술’ 개발에 착수
 - 딱딱하고 무거운 소재를 사용한 기존 웨어러블 로봇과 달리 2kg 이하 무게를 가진 ‘의복형’ 착용 시스템을 구현
 - 연구진은 들어 올리는 동작, 버티는 동작을 구분해 각 상황에 따라서 다르게 작동하는 하이브리드 구동기를 개발하였고 가벼운 무게, 빠른 반응성, 높은 에너지 효율성 등 장점을 기반으로 기존 제품의 한계를 극복할 것으로 예상
 - 세탁이 간편하고 관리하기 쉬운 데다 산업현장에서 지속 사용할 수 있는 ‘의복형 시스템’을 출시할 계획



[그림] 의복형 웨어러블 로봇 기술

※ 출처 : 전자신문

- 전남대학교 로봇연구소는 중국 절강이공대학(Zhejiang Sci-Tech University) 연구팀과 공동 연구를 통해 낮은 전압에서 세계 최고의 변형률을 갖는 생체 소재 기반 인공 근육을 개발
 - 최근 해당 분야의 연구자들은 소프트 로봇 구동을 위해 저소음과 저진동, 낮은 전력소비량 등의 특성을 갖는 이온성 소프트 액추에이터 개발에 주목
 - 특히 웨어러블 로봇이나 인체 내 삽입 가능한 의료용 소프트 로봇 개발을 위해 인체 친화적인 생체 소재를 기반으로 하는 소프트 액추에이터, 이른바 인공근육 개발에 박차를 가하고 있는 추세
 - 인공근육은 기존 생체 소재 기반 인공근육 기술의 높은 구동 전압과 낮은 반응 속도 문제를 해결할 수 있는 원천기술로 우수한 평가
 - 향후 의료분야를 비롯해 재활과 웨어러블 로봇 등 다양한 분야에서 전통적인 금속 로봇의 결점을 극복하는 데 기여할 것으로 기대



[그림] 인공근육 구성도와 작동 원리

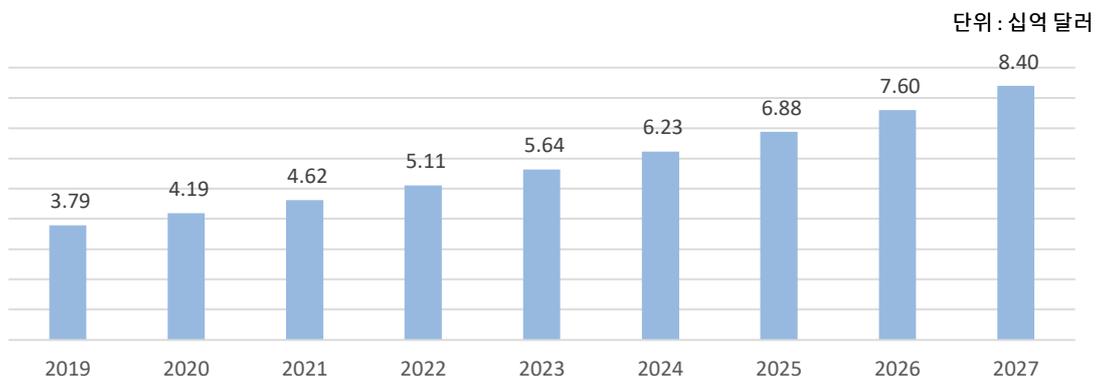
※ 출처 : Ai 타임스

IV. 시장동향

1. 글로벌 시장

- 글로벌 산업용 웨어러블 시장은 2019년 37.9억 달러에서 연평균 10.5% 성장하여 2027년에 84억 달러로 성장 전망
 - 생산 기업들은 산업 웨어러블 시장의 성장을 주도하는 플레이어로, 로봇 외에도 제조 산업의 근로자를 위한 지식 이전과 같은 교육 영역에서 AR 및 VR 기술을 채택
 - 제조 공장의 자동화와 IoT, AI 및 클라우드와 같은 기술의 발전이 산업용 웨어러블 시장의 성장을 촉진
 - 자동화에 대한 투자, 기술 고도화 제품의 출시, 웨어러블 장치 도입 추세 등이 업계에 새로운 촉진 요인을 제공

- 시장 성장을 이끄는 두드러진 요인은 웨어러블 장치의 채택 증가
 - 알림을 확인하는 것부터 신체 활동 추적에 이르기까지 웨어러블 장치는 작업 환경에서 일상적인 작업을 수행하는 새로운 프로세스를 제공하며, 산업 부문에서 웨어러블 장치를 채택하면 산업용 웨어러블 시장에 대한 수익성과 성장 수요가 증가
 - 작업장 안전에 대한 수요 급증, 특히 자동차 산업 부문에서 웨어러블 장치 수요가 증가하는 중



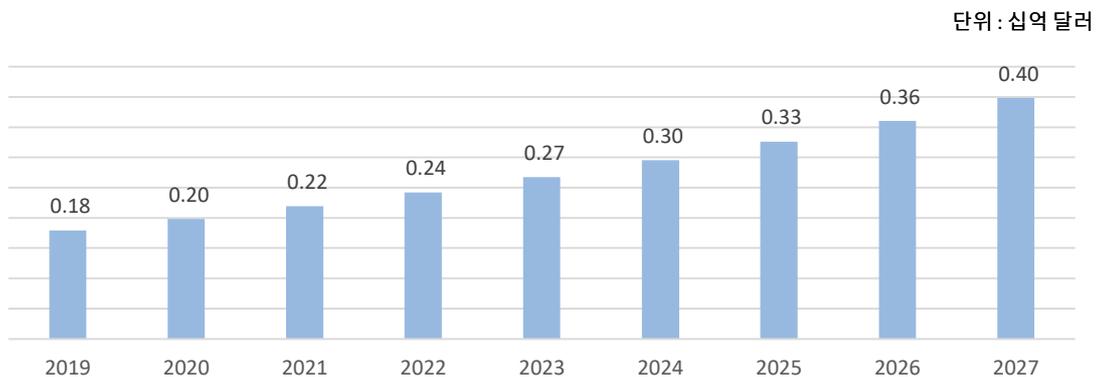
[그림] Global Industrial Wearables Market

※ 출처 : Industrial Wearables Market, 2021, alliedmarketresearch

- 기술의 급속한 발전과 혁신과 소형화에 대한 강조가 강화된 업계 전반의 기업들은 휴대폰과 태블릿에서 웨어러블 장치로 초점을 전환
 - 웨어러블 기술은 중요한 건강 매개 변수를 모니터링하고 비상사태 시 조치를 취할 수 있도록 운전자의 능력을 확장
 - 경고등이나 차임에 의존하지 않고 즉시 그리고 본능적으로 알림과 정보를 제공함으로써 자동차 산업에 새로운 안전 계층을 추가함
- 반면 웨어러블 장치의 짧은 수명은 시장의 주요 구속 요인 중 하나

2. 국내 시장

- MarketsandMarkets(2019)에 의하면 스마트제조 시장의 글로벌 시장 규모 대비 국내 시장 비율은 4.74%
- 이를 바탕으로 글로벌 산업용 웨어러블 로봇 시장 대비 국내 시장 규모를 추정하면 2019년 1.8억 달러에서 2027년 4억 달러로 성장 전망
- 노동자 1만 명당 산업용 로봇의 설치 대수는 유럽이 114대로 가장 많고 미국이 99대, 한국은 91대임
 - 미국을 포함한 타국에 비교했을 때 한국 로봇시장의 성장 잠재력이 매우 높다는 분석이 나오고 있음



[그림] 국내 Industrial Wearables Market

※ 출처 : Industrial Wearables Market, 2021, alliedmarketresearch 기반 추정치

V. 산업동향

1. 글로벌 산업동향

- 웨어러블 로봇 시장은 노약자를 위한 보조 및 재활 분야를 중심으로 높은 성장률을 보이고 있으나 산업현장에서의 생산성 향상을 위한 로봇 수요가 크게 증가하는 중
 - 근골격계 질환 예방, 피로 감소 및 생산성 향상을 목적으로 웨어러블 로봇 적용에 대한 관심 및 적용이 물류, 건설, 제조, 서비스 등 산업전반으로 확산되고 있음
 - 산업현장 및 일상생활 보조를 위한 웨어러블 로봇은 높은 관심과 수요가 있는 반면에, 개발되어있는 웨어러블 로봇의 높은 가격 및 무게, 불편한 착용감 등은 대중화의 걸림돌로 작용하고 있으며 폭넓게 보급되지 못하고 있는 현실임

- 웨어러블 로봇 산업은 구동기(모터, 유압, 공압) 관련 산업과 기구부 제작을 위한 제조업뿐만 아니라, 최근의 소프트 수트 제작을 위한 신소재산업이나 데이터 측정 및 전송을 위한 IT 관련 산업까지 모두 포함하는 광범위한 융복합 산업 영역임
 - 제품의 수요는 많으나 영세한 산업구조의 중소기업에서 웨어러블 로봇을 적용하기 위해 단계별 기술개발과 시장 적용 추진 전략이 필요함
 - 인체에서 직접 적용되는 제품의 특성상 기능성을 높이기 위한 개발과 함께 안전성이나 유해성을 확보하기 위한 장기간의 연구가 함께 고려되어야 함
 - 일상생활에 사용되기 위하여 사용자 편의성과 외관 디자인 등을 모두 고려해야 하며, 주요 선진국에서는 이러한 웨어러블 로봇의 개발을 위해 다양한 분야의 융합연구와 기반환경 조성을 동시에 추진하고 있음

- 의료/서비스 등의 일부 한정된 분야에서만 로봇산업이 창출되었으나, 웨어러블 로봇 개발 추세에 따라 급속도로 확대된 사업화 방향이 예견되고 있음
 - 주요 선진국들의 거대 IT기업과 핵심 기술력을 갖춘 연구그룹이나 중소기업은 매년 새로운 제품과 기술을 발표하고 있음

- 신체에 직접 착용하는 근력증강 웨어러블 로봇은 산업 현장에서 작업 환경에 따른 유연한 대처와 생산성을 높이고 작업자의 위험 및 피로 감소하는 기능으로 인해 산업전반에 걸쳐 확산
 - 특히, 세계 유명 자동차 회사인 미국의 포드, 독일의 BMW, 아우디, 프랑스 르노 등 자동차 생산 라인에 웨어러블 로봇 앞다투어 적용하고 있음

- 근력증강 웨어러블 로봇의 경우 산업현장, 재해현장, 군사작전 등에서 활용도가 크므로 지속적인 관심과 수요가 늘고 있음
 - 최첨단 우주산업에도 적용 가능하여, 웨어러블 로봇은 우주실험에 더 많은 장비를 가지고 오랜 기간 적은 피로도로 작업할 수 있어 우주업무 수행에 큰 도움을 줄 것으로 예상됨
 - 미국의 NASA에서 우주비행에 사용될 웨어러블 로봇을 만들어 사용하기로 함

- 전 세계적으로 수요가 확대되고 있는 웨어러블 로봇이나, 관련 기술의 연구는 특정나라에 집중되어있는 현실임
 - 현재 상용화 되어 있는 로봇도 고가의 로봇들이어서 시장이 제대로 형성되지 않은 상태임
 - 일반인들이 구매하여 일상생활에서 효과를 볼 수 있는 저가의 로봇을 개발하여 세계 시장에 대량으로 공급 가능
 - 또한 웨어러블 로봇을 위하여 개발된 핵심기술들은 그 외 지능형 서비스로봇에도 응용가능, 우리나라가 로봇강국으로 입국하기 위한 원초기술이 될 것

- (로블리전트(Roboligent Inc.)) 2016년 김봉수 박사가 텍사스 오스틴에 설립한 로보틱스 스타트업으로 미국의 첨단 기술 기반의 스타트업을 대상으로 한 정부지원프로그램(SBIR)에 선정되어 2021년 9월까지 약 14억 원(120만 달러) 이상의 지원금을 확보
 - 로블리전트는 기존의 산업 현장에서 많이 쓰고 있는 위치 및 속도 제어에 특화 된 로봇과 달리, 인간친화적이고 매우 안전한 특징을 가진 정밀 힘 제어 기반의 첨단 로봇팔을 연구개발
 - 첫 상용화 제품인 옵티모 리젠(Optimo Regen)은 뇌졸중이나 다른 질병으로 인한 상하체 재활치료가 필요한 환자의 운동 패턴과 힘을 학습하여, 환자 컨디션에 적응하며 안전하게 반복적인 운동치료를 수행 하도록 돕는 보조 로봇



[그림] 로블리전트의 옵티모 리젠

※ 출처 : 로봇신문

- (아툰(Atoun)) Koma 1.5는 착용자가 무거운 물체를 운반하는 동시에 신체의 스트레스와 부담을 줄이는 데 도움을 주기 위한 웨어러블 로봇
 - 두 개의 로봇 다리를 가진 장치로 평평한 비 경사 표면뿐만 아니라 계단을 오르는 데 유용함
 - 버기(Buggy) 모드와 두 다리 모드의 두 가지 작동 모드가 상황에 따라 조정하는 데 도움을 줌

- 올라가야 하는 계단과 같은 고르지 않은 표면에 도달하면 로봇 시스템의 버튼을 한 번 눌러 변압기 기능을 작동하며, 앞바퀴를 후퇴시키고 착용자의 다리를 따르는 두 다리 기계가 됨
- Koma 1.5에는 2모드 기능 외에도 내장 카메라와 인공 지능이 장착되어 있어 경로의 잠재적 장애물을 안전하게 피할 수 있음



[그림] 아툰의 코마 1.5

※ 출처 : autoevolution

- 아툰은 착용자가 무거운 물체를 들어 올릴 때 허리의 부담을 덜어주기 위해 설계된 Model Y 로봇 슈트를 제작 중
 - Model Y 슈트에는 허리의 움직임을 감지하는 강력한 모터와 센서가 장착되어 있으며 보조 모드, 브레이크 모드 및 보행 모드와 같은 여러 모드 사용 가능

2. 국내 산업동향

- 산업현장 근로자의 근골격계 질환은 앞으로도 꾸준히 증가할 것으로 보이며, 이에 제조/건설 분야를 중심으로 산업용 웨어러블 로봇의 수요가 지속적으로 증가할 것으로 예측됨
 - 이러한 수요 증가는 궁극적으로 근로자 작업지원용 웨어러블 로봇의 단순화, 경량화, 저가화, 보조부위 확대 등의 기술 발전, 재활치료/군사/스포츠/레저 등 타분야로의 기술 보급 및 확장, 나아가 근로자 작업지원용 웨어러블 로봇의 대중화에 영향을 미침

- 한국산업안전공단이 발표한 근골격계 질환 발생 빈도가 높은 취약 직종은 물류·유통종사자, 환경미화원, 간호사 및 요양보호사 (간병근로자) 등이며, 해당 직군 종사자는 극한/반복작업에 일상적으로 노출되기에 우선적으로 웨어러블 로봇의 대상 직업군이 될 수 있음
 - 특히, 물류유통종사자의 경우 유통산업의 발전과 택배업, 홈쇼핑의 활성화로 그 수가 크게 증가하고 있으며, 시설 규모, 취급 물량, 소요 인원이 늘어나고 있어 관련업에 종사하는 근로자에 대한 안전보건관리가 중요한 이슈가 되고 있음

- 산업현장 및 일상생활 분야에서 소프트 웨어러블 로봇 관심 증가
 - 외골격 형태의 로봇은 무겁고 딱딱하여 착용자의 자연스러운 움직임을 방해하고, 동력이 끊긴 경우에는 오히려 부담으로 작용하는 경우가 많음
 - 착용 후 피로감이 많아 활발한 신체 활동이 필요한 산업현장이나 일상생활 분야에 적용하는데 한계가 있음

- 산업현장 및 일상생활에서 착용하기 적합한 소프트 웨어러블 로봇이 많이 개발되고 있으며 이러한 개발 방향은 가속화 될 것으로 보임
 - 작업복처럼 옷을 입는 것만으로도 근력을 보조할 수 있는, 옷 자체가 근육이 되는 혁신적인 형태의 소프트 웨어러블 로봇이 등장할 것으로 예상됨
 - 경량, 유연, 손쉬운 착용, 저소음, 동력이 없는 상태에서도 착용자의

움직임을 방해하지 않는 등의 조건을 만족하는 혁신적인 근육옷을 개발하여, 현재 웨어러블 로봇의 한계를 극복하고자 하는 움직임이 활발함

- 옷 자체가 근육이 되는 근육 옷을 실현하기 위해서는 새로운 형태의 구동기가 필요하며, 스스로 힘을 내는 옷감(옷감 근육)의 개발이 선행되어야 함

- (경량화 & 저가화) 웨어러블 로봇 대중화의 한계인 비싼 가격, 무겁고 복잡한 시스템, 불편한 착용감 등을 극복하고 저렴한 가격, 가볍고 단순한 시스템, 편안한 착용감을 갖는 단순/경량의 웨어러블 로봇을 개발하는 방향으로 제품 개발이 진행될 것으로 보임

- (부위별 보조) 어렵고 복잡한 전신 보조 또는 많은 자유도로 신체의 여러 부위를 보조하기 위한 소재, 배터리, 제어부분의 연구도 활발히 진행
 - 한편, 상용화 측면에서는 현재의 기술수준으로 특정 관절이라도 실질적으로 도움을 줄 수 있는 방향으로 개발될 것으로 예상됨
 - 특히, 1인 작업보조 목적으로는 가볍고 저렴하게 만들기 위해 딱딱한 프레임의 비중을 줄이고 부드러운 재질을 갖는 단순한 구조로 어깨, 허리, 무릎, 발목 등 특정 부위만 효과적으로 보조할 수 있는 웨어러블 로봇이 개발될 것임.

- (새로운 구동 메커니즘) 물류·유통 작업 등에서는 팔, 어깨, 허리 등을 복합적으로 보조해야할 필요성이 있음
 - 같은 전통적인 구동기만으로는 무게를 줄이고 가격을 낮추는데 한계가 있음
 - 따라서 가볍고 저렴한 혁신적 구동기가 개발되기 전까지는 보조부위를 한정하여 구동기를 최소화하거나 수동형 메커니즘을 활용하는 방향으로 개발이 진행될 것으로 예상됨

- 웨어러블 로봇에 특화되어 사용할 수 있는 핵심부품이 별도로 개발되어야 함

- 웨어러블 로봇은 구동기, 센서, 골격 메커니즘, 제어시스템으로 구성되며, 추가적으로 인체와 로봇을 결합시키는 결합구조가 필요함
- 인간의 몸과 직접 결합되는 로봇인 만큼 경량화가 필수임
- 웨어러블 로봇의 저가화, 경량화에 적합한 차별화된 경량 모터/감속기, 구동기 등을 개발하기 위한 연구 필요
 - 모터, 유압, 공압 등 기존 구동기를 활용해 개발된 웨어러블 로봇의 경우 무겁고 딱딱하며, 소음이 발생하고, 고가이며 가동범위를 제한하거나 착용이 불편한 경우가 많아 웨어러블 로봇 본연의 목적에 부합하지 못하고 있음
- 소프트타입의 인공근육, 옷감근육, 또는 이를 활용한 근육 옷 등에 대한 정부차원의 개발 지원이 반드시 필요함
 - 소프트 구동기 및 로봇슈트 관련 원천기술 확보 및 국내외 초기 시장 선점을 위하여, 기존 하드타입 소재부품에 대한 개발 지원뿐만 아니라 유연한 구동 및 선형 수축이 가능한 소프트 타입에 대한 지원도 함께 이루어져야 함
- 웨어러블 로봇 소프트웨어/하드웨어/데이터 통합 플랫폼 필요
 - 웨어러블 로봇과 관련한 새로운 산업 생태계가 형성될 것으로 예상되며, 미래 신산업 개척을 위한 요구로 ‘웨어러블 로봇 통합 산업플랫폼’ 사업이 국가 주도로 이루어질 필요가 있음
 - 또한 급증하는 웨어러블 로봇 시장에 효과적으로 대응하기 위해선 안정성, 안전성, 신뢰성 높은 표준화된 소프트웨어 개발 및 이를 사전에 검증하고, 분석 결과를 공유할 수 있는 통합 플랫폼 기술이 요구됨

- 웨어러블 로봇용 센서, 제어기, 전원장치 등은 전체 웨어러블 로봇 시장에서 공용화가 가능한 부품이며, 해당 업계 내에서 표준화된 모듈 사용 시 대량생산을 통한 제품성능 향상 및 가격 경쟁력 확보가 가능하기 때문에 통합 플랫폼 기술 확보가 절실함
- 웨어러블 로봇으로부터 수집되는 다양한 신체 데이터 및 결과 데이터를 효과적으로 활용하여 개별 사용자에게 특화된 웨어러블 로봇 설계 및 제작에 활용될 수 있음

○ 웨어러블 로봇 실증센터 구축 및 운용지원 필요

- 웨어러블 로봇의 효과 검증 및 안전성 확보, 그리고 이를 기반으로 한 국내 기업의 상용화 추진 및 시장점유율 확대를 효과적으로 지원할 수 있도록 웨어러블 로봇 실증센터 구축 및 운용지원이 국가주도로 이루어질 필요가 있음
- 웨어러블 로봇의 개선과 신 모델 개발을 위해서는 사용자뿐만 아니라 트레이닝을 담당하는 전문가의 피드백이 필요한데, 이는 실증/체험센터에서 수행된 사용적합성평가 및 임상시험 분석 결과 등을 통해 지속적으로 공급될 수 있음
- 때문에 웨어러블 로봇 제작업체는 로봇 개발 및 지속적인 개선을 위한 파트너로서 실증센터를 활용할 수 있음
- 또한, 실증센터는 국내에서 개발된 웨어러블 로봇의 해외 수출을 위한 전임상·임상 근거자료 마련을 위한 의료기기 임상시험센터로서 기능할 수 있음

○ (현대자동차그룹) 현대차그룹은 로봇을 5대 신사업 중 하나로 육성 중이며, 2021년 내 국내 완성차 제조공장에 조끼, 의자 형태의 웨어러블 로봇을 도입할 계획

- 기아는 2021년 11월 국내 공장 내 생산 라인에 웨어러블 로봇을 적용할 계획으로, 이를 위해 2020년 9월부터 12월까지 4개월간 1차 현장 테스트를 실시했고 2021년 2월 말 제작사 현대로템과 개선사항을 논의

- 현대로템이 현장 근로자들의 의견을 반영한 개선품을 개발하면 기아는 내부 협의를 거쳐 로봇 적용 공정과 도입 규모 등을 확정할 예정
- 기아가 도입하는 로봇은 현대차·기아 로보틱스랩이 2018~2019년 개발한 조끼형 외골격 착용 로봇 ‘VEX(벙스)’와 의자형 무릎관절 보조 로봇 ‘CEX(첵스)’
- 벙스는 구멍조끼처럼 간편하게 착용해 즉시 사용할 수 있으며, 중량은 2.5kg에 불과하고 가격 또한 기존 경쟁 제품(4000~5000달러) 대비 30%가량 낮음
- 첵스는 작업자의 앉은 자세를 유지하기 위한 무릎관절 보조 로봇으로 1.6kg 경량형이지만 최대 150kg까지 지탱 가능하며 사용자의 신장에 맞게 길이를 조절할 수 있고 착좌각 설정이 가능해 자세에 따라 원하는 높이를 맞출 수도 있음



[그림] 의자형 무릎관절 보조 로봇 ‘CEX(첵스)’ 착용 사진

※ 출처 : 매일경제

○ (엑소아틀레트아시아) 웨어러블로봇 개발기업 엑소아틀레트아시아는 2020년 한국로봇산업진흥원, 조양국제종합물류와 ‘노동집약 근로자 근력보조 웨어러블 로봇의 물류창고 활용사업’을 통해 웨어러블로봇 ‘엑사-W’를 현장에 투입

- 국내에서 산업용 웨어러블로봇이 판매돼 현장에 쓰이는 첫 사례로, 현대차 등이 웨어러블로봇을 직접 개발해 활용한 적은 있으나 판매 사례는 없었음
- 본 활용사업은 산업용 웨어러블로봇을 보급해 근로자의 업무 피로도를 줄이고 업무 효율성을 높이는 것이 목표
- 엑사-W는 모터를 쓰지 않는 로봇으로 전원이 필요하지 않으며 최대 100만 번까지 물건을 들어도 문제가 없도록 제작
- 왼쪽과 오른쪽 6kg씩 총 12kg 무게를 보조해주도록 설계됐고 로봇 자체의 무게는 4.1kg
- 힘을 보조하는 것도 있지만 노동집약 근로자의 허리와 근골격계 부담을 줄여 산업재해와 질환을 줄이는 것이 목적



[그림] 엑소아틀레트아시아의 산업용 웨어러블로봇 '엑사-W'

※ 출처 : 동아사이언스

○ (세이프웨어) 추락 및 인체보호용 웨어러블 에어백 개발 및 제조기업으로 2021년 산업용 스마트 웨어러블 에어백 C1.5을 출시

- 산업용 추락보호복과 스포츠/레저 분야의 바이크, 승마용, 수상레포츠용 라이프자켓과 노인낙상 보호복, 영유아 질식방지에어백, 드론 투척용 구멍튜브 등 다양한 분야의 안전 시스템을 개발, 상용화하여 미국 CES 2020에서 IEEE가 선정한 Top3 스타트업으로 선정된 기업
- 산업용 스마트 웨어러블 에어백 C1.5은 안전그네 부착형/베스트 타입으로 평상시 편하게 착용이 가능하고 내장 센서가 추락을 감지하여 0.2초 이내에 자동으로 에어백을 팽창
- 인체 주요부위인 머리, 목, 척추, 요추, 늑골, 장기 등을 보호하여 큰 부상을 막아주고 낙상 테스트 결과 최대 55%까지 충격을 완화
- 사고 발생 시 통신 모듈을 통해 등록된 연락처로 사고자의 위치를 포함한 문자가 발송되고 응급콜을 전송하여 신속하게 이송함으로써 사고자의 골든 타임을 확보
- 실제 사용 장소인 건설현장의 특수성을 감안하여 의류 디자인을 통해 검정색을 베이스로 사용하고 600D Polyester Fabric을 사용하여 내구성을 높이고 부분 반사필름과 형광오렌지를 사용하여 시안성을 확보
- 세이프웨어가 제공하는 ‘Wearable Safety Platform’ 은 다양한 사고에 대응하는 보호체계 이상의 새로운 플랫폼으로 1차 사전 예방, 2차 생명 보호, 3차 긴급 구조 및 안전 모니터링, 4차 보험 연계를 준비하는 시스템



[그림] 세이프웨어의 산업용 스마트 웨어러블 에어백 C1.5

※ 출처 : AVING GLOBAL NETWORK

[참고문헌]

- 산업용 동력 외골격(Exoskeleton) 동향, 2021, KDB미래전략연구소
- 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(지능형 로봇), 2020, 중소벤처기업부
- 중소기업 전략기술로드맵 2021-2023(스마트 제조), 2020, 중소벤처기업부
- 웨어러블 로봇의 기술동향과 산업전망, 2020, KEIT
- 웨어러블 로봇의 기술 현황 조사 및 개발 방향 제안 연구, 2019, 서울대학교
- 중소기업 전략기술로드맵 2019-2021(지능형로봇), 2018, 중소벤처기업부
- 웨어러블로봇: 사람을 사람답게 만드는 로봇 기술, 2018, 서강대학교